

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. A. Mayet

Morphometrische Untersuchungen der
Intervertebralgelenkflächen
beim Erwachsenen

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Klaus, Josef Rödler
aus Ludwigshafen/Rh.

Mainz 1974



Fachbereichs-Dekan:

Prof. Dr. O. Harth

Referent:

Prof. Dr. E. Stofft

Korreferent:

Prof. Dr. G. Müller

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Januar 1975

Inhaltsverzeichnis:

	Seite:
I. Einleitung und Problemstellung	1 - 4
II. Material und Methode	5 - 8
1. Schema der Meßgrößen.	7
III. Befunde	9 - 37
IV. Diskussion	38 - 41
V. Zusammenfassung	42
1. Flächendifferenzdiagramm der linken Seite	43
2. Flächendifferenzdiagramm der rechten Seite	44
VI. Literaturverzeichnis	45 - 46



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung und Problemstellung

Dem Achsenorgan - Wirbelsäule -, als anatomische, statische und funktionelle Einheit wird seit der Jahrhundertwende ein zunehmendes interdisziplinäres Interesse entgegengebracht. Durch eine rasch wachsende Entwicklung verschiedener Disziplinen der Medizin, wie z.B. Traumatologie, Rheumatologie und Orthopädie, rückt die Wirbelsäule zunehmend in den Vordergrund klinischer Betrachtung, wobei es aus therapeutischer Sicht für den Patienten wesentlich ist, daß das bei ihm durch einen pathologischen Prozeß gestörte funktionelle Geschehen wieder hergestellt wird. Dieses funktionelle Geschehen spiegelt sich im Bewegungsablauf und in der Einzelbewegung der Wirbelsäulensegmente wider.

Bereits 1911 weist FICK darauf hin, daß das Verhältnis zwischen Wirbelkörper und Bandscheibenhöhe neben dem Neigungswinkel der Gelenkflächen maßgeblich an der Beweglichkeit der Wirbelsäule beteiligt ist. Er findet die höchste Bandscheibe im Bereich der Halswirbelsäule zwischen dem 5. und 6. Intervertebralgelenk. Er macht die größte Beweglichkeit in diesem Gelenk abhängig von dem Discus-Corpus-Quotienten. BAKKE weist 1931 durch röntgenologische Untersuchungen ebenfalls eine maximale Beweglichkeit im gleichen Intervertebralgelenk nach.

Nach DREXLER (1962) befindet sich in diesem Halswirbelsäulenbereich der flachste Neigungswinkel, den er für die statische Funktion der Halswirbelsäule verantwortlich macht. Bei REHN (1968) stellt das Intervertebralgelenk C_5/C_6 eine Prädispositionsstelle der knöchernen Verletzungen der Wirbelsäule dar.

LIPPERT wies 1966 eine Abhängigkeit der Beweglichkeit von der Stellung der Gelenkfortsätze nach. Während z.B. im Bereich der Brustwirbelsäule die Rotationsachse etwa durch die Mitte der Zwischenwirbelscheibe geht, liegt im Bereich der Lendenwirbelsäule der Krümmungsmittelpunkt im Bereich des Processus spinosus. Die durch Körper und Discusmitte ziehende Rotationsachse bewirkt durch ihre günstige Lage die große Halswirbelsäulenbeweglichkeit.

Einen weiteren klinischen Bezugspunkt stellt die Untersuchung AUFDERMAUERS (1960) dar, der ein gehäuftes Auftreten der Spondylosis deformans im 5. Intervertebralgelenk beobachten konnte. BUETTI-BÄUML hat 1954 das Bewegungsausmaß der Einzelsegmente der Wirbelsäule bei maximaler Anteflexion und Retroflexion des Kopfes bestimmt. Danach ist in Analogie zu den Untersuchungen von BAKKE die Beweglichkeit der Halswirbelsäule in Höhe des 5. Intervertebralgelenkes am größten und nimmt dann nach kranial kontinuierlich ab. ANDERSON und EKSTRÖM (1940) untersuchten die Beweglichkeit dreier aus Leichen freipräparierter Wirbelsäulen. Dabei fanden sie für die Anteflexion im mittleren und unteren Teil der Brustwirbelsäulen den geringsten Wert, während die Beweglichkeit der Wirbelsäule sowohl nach kranial wie auch nach kaudal langsam stetig zunimmt. Bei der Retroflexion liegt das Minimum der Beweglichkeit im Brustwirbelsäulenbereich in Höhe des 7. Thorakalgelenkes. Bei der Rotationsbewegung fanden sie die höchsten Werte in der oberen Brustwirbelsäule mit einer kontinuierlichen Abnahme der Beweglichkeit nach kaudal bis zum 10. thorakalen Intervertebralgelenk. Die Lendenwirbelsäule weist nach ihren Untersuchungen ein geringes Rotationsausmaß auf, während die Lateralflexion in diesem Wirbelsäulenabschnitt sehr ergiebig ist.

VON TORKLUS (1970) setzt das Bewegungsausmaß der einzelnen Segmente der Halswirbelsäule in Beziehung zum Auftreten der Spondylosis deformans und findet wie AUFDERMAUER (1960) ein gehäuftes Auftreten im Halswirbelsäulenbereich bei C_5/C_6 . Er schließt daraus, daß das seltenere Auftreten der Erkrankung in den höheren Anteilen der Halswirbelsäule in Zusammenhang stehen muß mit der dort geringeren Beweglichkeit.

Die Wirbelsäulenbeweglichkeit ist von verschiedenen Faktoren abhängig, die zusammen eine funktionelle Einheit bilden. So ist u.a. die Beschaffenheit der Gelenkkapsel ausschlaggebend. Auch die Druckelastizität der dünnen Gelenkknorpel kann eine gewisse, wenn auch unbedeutende Rolle spielen. Von entscheidender Bedeutung hinsichtlich der Beweglichkeit sind jedoch die Lage und Richtung der Gelenkflächen zum Bewegungszentrum wie auch ihre gegenseitige Zuordnung. Während darüber umfangreiche Untersuchungen bekannt sind, finden sich in der Literatur keine Angaben über die Größe der Intervertebralgelenkflächen. Ob ein von FICK (1911) geforderter Zusammenhang zwischen absoluter Größe der Gelenkfläche und der Beweglichkeit besteht, ist fraglich. Es ist eher wahrscheinlich, daß eine Größendifferenz der artikulierenden Intervertebralgelenkflächen eine Rolle spielen muß, wie das von STOFFT (1972) postuliert worden ist und an seinen Untersuchungen zum Teil gezeigt werden konnte. Nachdem von STOFFT und MÜLLER (1971) an menschlichen mazerierten Wirbelsäulen, sowie von GIERKE (1973) an Hundewirbelsäulen zum ersten Mal die Intervertebralgelenkflächengröße mit einer Aluminiumabdruckmethode bestimmt wurde, soll es Aufgabe dieser Untersuchung sein, die Größe der Intervertebralgelenkflächen der frischen bzw. anfixierten menschlichen Erwachsenenwirbelsäulen zu bestimmen. Es soll weiterhin bestimmt werden, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem queren oberen und unteren Abstand der

Processus articulares, dem vertikalen Gelenkfortsatz-
abstand sowie der Wirbelkörperhöhe einerseits und der
Gelenkflächengröße andererseits.

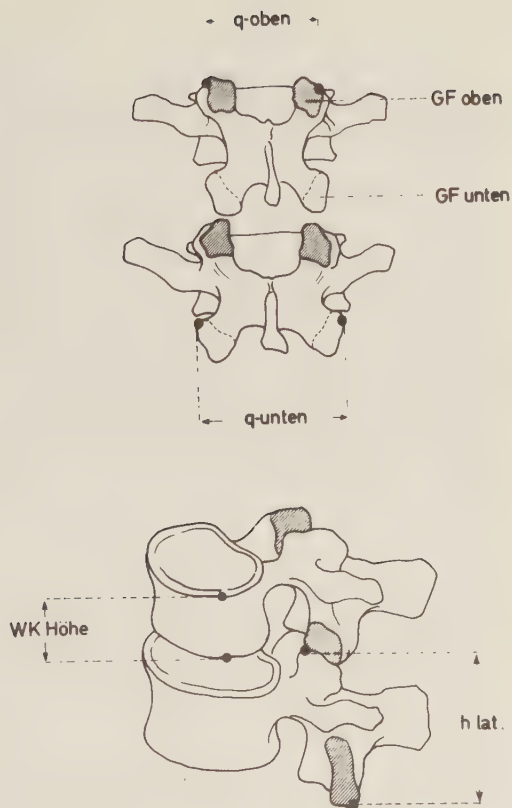
II. Material und Methode

Zur Untersuchung gelangten 10 frische Wirbelsäulen von Erwachsenen aus dem Anatomischen bzw. Pathologischen Institut der Universität Mainz. Alle Personen waren im Alter zwischen 50 und 60 Jahren verstorben. Die Wirbelsäulen wurden kurz nach dem Tode entnommen, die Muskulatur vorsichtig abpräpariert, die Rippen entfernt und der perivertebrale Bindegewebsapparat durchtrennt. Anschließend wurden die Disci intervertebrales durchschnitten und die Intervertebralgelenke vorsichtig eröffnet, ohne den hyalinen Gelenkknorpel zu verletzen. Während der langen zeitlichen Inanspruchnahme der Messungen wurden die Wirbelkörper in einer feuchten Kammer aufbewahrt, um mögliche Schrumpfungsprozesse des hyalinen Gelenkknorpels zu vermeiden. Das Untersuchungsgut setzte sich aus 8 männlichen und 2 weiblichen Leichen zusammen, deren mittlere Größe 170 cm ($\pm$ 5 cm) und das mittlere Gewicht 75 kg ($\pm$ 5 kg) betrug.

Alle Wirbelsäulen hatten die gleiche Anzahl von Wirbeln. Untersucht wurden 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel und 5 Lendenwirbel. Eine weibliche Wirbelsäule wurde zunächst in frischem, anschließend in mazeriertem Zustand vermessen. Bei der späteren Berechnung der Mittelwerte und deren Standardabweichungen wurden die Werte der mazerierten Wirbelsäule nicht mit berücksichtigt. Zur Größenbestimmung der Gelenkflächen der oberen und unteren Processus articulares, die als Facies articularis superior s. inferior bezeichnet werden, wenden wir die von STOFFT und MÜLLER (1971) angegebene Abdruckmethode an. Dabei wird eine Aluminiumfolie auf der zu messenden Gelenkfläche derart mit dem rechten Daumen aufgedrückt, daß beim Abheben der Folie die Konturen deutlich sichtbar werden und mit einer feinen Schere ausgeschnitten werden können. Diese Methode erscheint uns vorteilhaft, da beim

Abdrücken selbst kleinste Niveauunterschiede der Gelenkfläche sich auf der Folie abzeichnen und daher bei der Messung miterfasst werden können. Die ausgeschnittenen Aluminiumplättchen entsprechen nach STOFFT und MÜLLER (1971) genau der Gelenkflächengröße. Die Plättchen werden anschließend gewogen und mit einem entsprechenden Faktor umgerechnet, so daß sich ein genaues Maß der Flächengröße ergibt. In den vorliegenden Fällen wurde die Wägung der ausgeschnittenen Metallplättchen auf einer Mettler-Präzisionswaage vorgenommen (H 10 T). Als Umrechnungsgröße wurde der Faktor 5,00 ermittelt, d.h. 5 mg entsprechen 1 cm^2 der Aluminiumfolie. Die Werte der Gewichte sind also durch 5 zu dividieren. Alle Messungen wurden jeweils links und rechts durchgeführt, wobei die Facies articularis superior sinistra s. dextra als obere Gelenkfläche GF_o links (rechts) und die Facies articularis inferior sinistra (dextra) als untere Gelenkfläche GF_u links (rechts) bezeichnet werden. Die Bezeichnungen sind also auf die Lage am Wirbel bezogen, nicht auf das Intervertebralgelenk selbst. Dieses wird gebildet durch die Facies articularis inferior des entsprechenden Gelenkfortsatzes als obere Gelenkfläche und die Facies articularis superior des nächst tiefer gelegenen Wirbels als artikulierende untere Fläche des Intervertebralgelenkes. Weiterhin wurden der äußerste Abstand zwischen den beiden oberen (Q_o) und den beiden unteren (Q_u) Gelenkflächen eines Wirbels mittels einer Schublehre mit Noniuseinteilung gemessen. Zusätzlich wurden die äußersten Abstände auf jeder Seite zwischen der oberen und der unteren Gelenkfläche eines Wirbels bestimmt (h lat. rechts bzw. links). Die Wirbelkörperhöhe wurde ebenfalls bestimmt durch Messungen der mittleren Wirbelkörperhöhe (FICK 1911) (Schema 1)

Sämtliche Messungen wurden vom gleichen Untersucher mit den gleichen Geräten bei gleichen Bedingungen durchgeführt. Insbesondere wurde beim Abdrücken und Wägen der



Schema 1:

In Schema 1 sind folgende Parameter als Abkürzungen dargestellt:

querer oberer und unterer Gelenkfortsatzabstand = q-oben, q-unten

Gelenkfläche oben, unten = GF oben, unten

mittlere Wirbelkörperhöhe = WK Höhe

vertikaler Gelenkfortsatzabstand = h lat.

Metallplättchen auf Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit geachtet. Zur Kontrolle der Fehlerbreite wurde eine männliche Wirbelsäule dreimal durchgemessen, wobei sich keine wesentlichen Abweichungen der Meßergebnisse zeigten. Die gefundenen Werte wurden in Diagramme eingetragen, wobei jeweils in dem oberen Diagramm die korrespondierenden Gelenkflächen (Intervertebralgelenk) aufgetragen worden sind. Das mittlere Diagramm zeigt das Kurvenbild der jeweiligen Wirbelkörperhöhe und des vertikalen Gelenkfortsatzabstandes, während im unteren Kurvenbild der quere obere und untere Gelenkfortsatzabstand pro Intervertebralgelenk eingetragen worden sind.

III. Befunde

1. Wirbelsäule: 59 Jahre, männlich. (Abb. 1 a,b)

Zunächst fällt die Flächengrößendifferenz der korrespondierenden Gelenkflächen der linken Seite von Atlas und Epistropheus auf. Bis zum 4. Intervertebralgelenk verlaufen die Gelenkflächenkurven annähernd parallel, weichen aber im Bereich des 5. und 6. Intervertebralgelenks stärker auseinander. Insgesamt ist GF_u gering größer als GF_o . Vom 5. Intervertebralgelenk an nimmt die Gelenkflächengröße wieder zu und erreicht beim 8. Zwischenwirbelgelenk einen Höchstwert, der im unteren Thoraxbereich im 17. Zwischenwirbelgelenk noch einmal gefunden wird. Zwischen diesen beiden "Gipfeln" verlaufen die Kurven talförmig mit geringen Schwankungen der Flächengröße. Vom 20. Intervertebralgelenk an nehmen beide Gelenkflächen an Größe stetig zu und erreichen ihren "Gipfel" im 23. Zwischenwirbelgelenk, wobei GF_o deutlich größer ist als GF_u . Im mittleren Thoraxbereich wechseln die Flächengrößen von GF_o und GF_u , insgesamt jedoch verläuft die Kurve annähernd parallel, d.h. die jeweils artikulierenden Gelenkflächen sind annähernd gleich groß. Vergleichen wir die Gelenkflächenkurven der rechten Seite mit denen der linken, so ist die Tendenz des Kurvenanstiegs und die Parallelität des Kurvenverlaufs annähernd gleich. (Abb. 1 a,b)

2. Wirbelsäule: 54 Jahre, weiblich. (Abb. 2 a,b)

Auch hier fällt bei der Betrachtung des Kurvenbildes der Flächengrößenunterschied zwischen dem 1. und dem 2. Intervertebralgelenk auf. Im weiteren Kurvenverlauf kommt es zu einer Größenzunahme der Gelenkflächen mit je einem "Gipfel" beim 5. und 7. Intervertebralgelenk. Im gesamten unteren Hals- und oberen Thoraxbereich bis

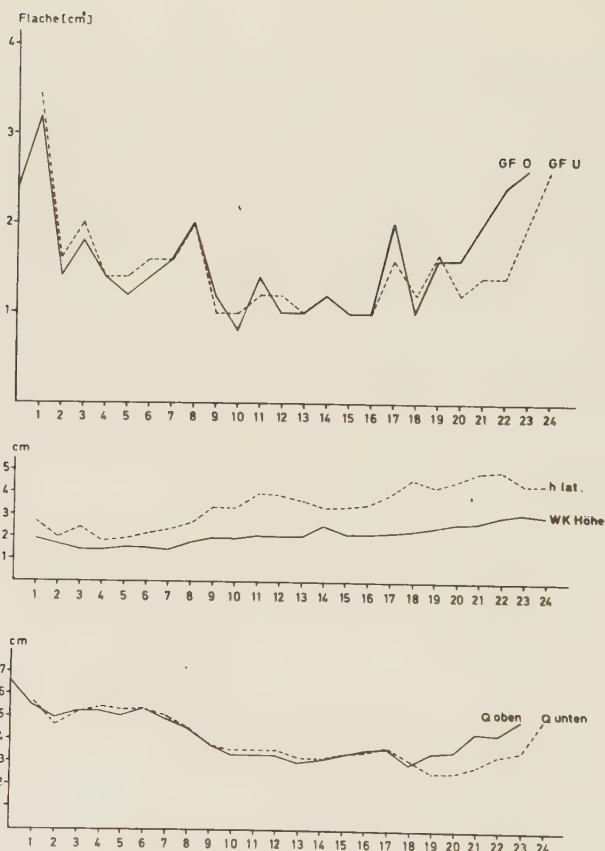


Abb.1 a : 59 Jahre, männlich, linke Seite

Das obere Diagramm stellt das Verhalten der Gelenk-
flächengrößen dar (durchgezogene Linie = obere
Gelenkfläche = GF o, unterbrochene Linie = untere
Gelenkfläche = GF u)

Auf der Abszisse sind die Intervertebralgelenke
aufgetragen.

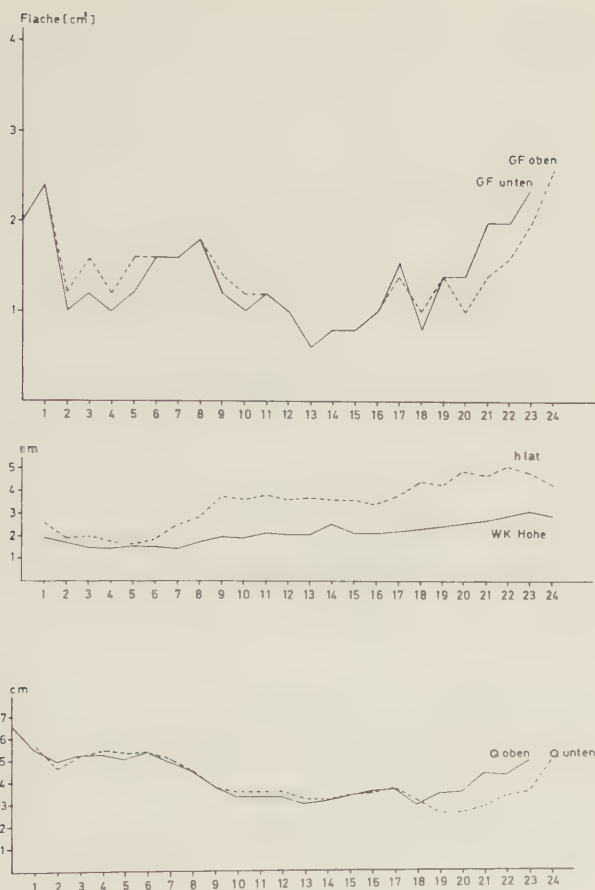


Abb.1 b : wie 1 a, rechte Seite

Im mittleren Diagramm ist die Wirbelkörperhöhe = (WK Höhe = durchgezogene Linie) in Beziehung zum vertikalen Gelenkfortsatzabstand (h-lat = unterbrochene Linie) dargestellt.

Im unteren Diagramm sind die queren oberen und unteren Gelenkfortsatzabstände aufgetragen.

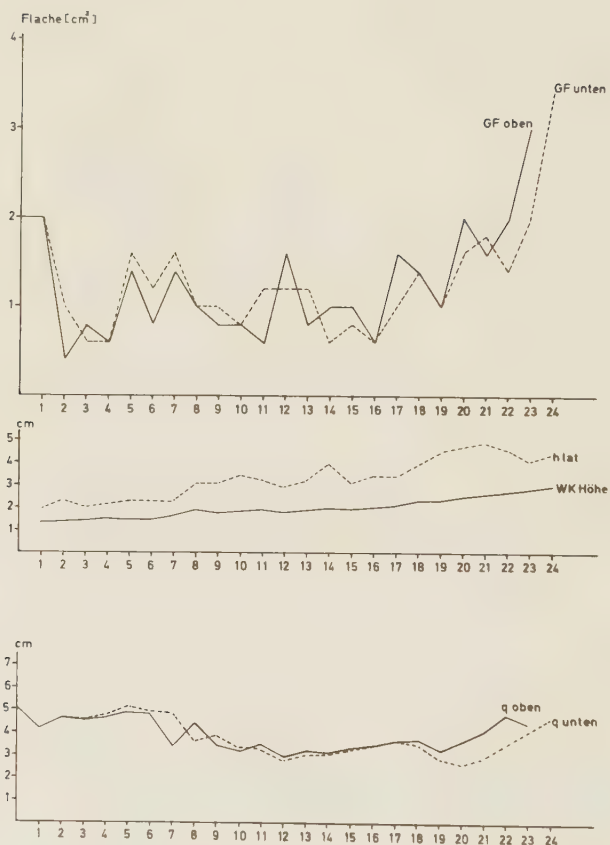


Abb. 2 a : 54 Jahre weiblich, linke Seite

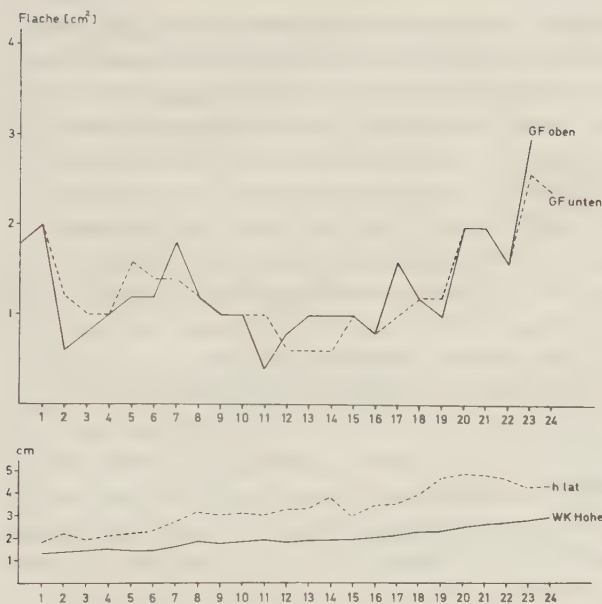


Abb. 2 b : 54 Jahre weiblich, rechte Seite

zum 6. thorakalen Intervertebralgelenk finden wir eine Flächendifferenz der artikulierenden Gelenkflächen. Dabei ist die untere Gelenkfläche des höhergelegenen Wirbels größer als die obere des nächst tiefergelegenen Wirbels. Lediglich im 3. und 12. Intervertebralgelenk ist das Verhältnis umgekehrt. Im unteren Thorax- und gesamten Lendenbereich ist die obere Gelenkfläche des Wirbels größer oder gleich der artikulierenden unteren, mit einer Ausnahme im 21. Intervertebralgelenk, wo die untere Gelenkfläche gering größer ist als die obere. Ab Th_9 nimmt die obere Gelenkflächengröße zu, mit je einem "Gipfel" bei Th_{10} und L_1 in einem Maximalwert bei L_5 . Die Kurve der unteren Gelenkflächen verläuft im Lendenwirbelsäulenbereich von L_2 bis L_5 parallel, wobei die obere Gelenkfläche größer als die untere ist. Der Vergleich der Kurven der rechten Seite mit denen der linken zeigt im Thorax- und Lendenbereich annähernd das gleiche Bild. Im Halsbereich stellt sich eine kontinuierliche Zunahme der Flächengrößen dar. Die unteren Gelenkflächen sind hier deutlich größer als die oberen, wobei die größte Differenz bei C_5/C_6 zu erkennen ist. Eine maximale jedoch umgekehrte Flächendifferenz zeigt sich im 7. Intervertebralgelenk: hier ist die obere Gelenkfläche von Th_1 deutlich größer als die untere von C_7 .

3. Wirbelsäule: 56 Jahre, männlich. (Abb. 3 a,b)

Auch hier ist bei der Kurvenbetrachtung der linken Seite die Größenabnahme der Gelenkflächen im 2. Intervertebralgelenk deutlich. Die bei der Kurvenbetrachtung der rechten Seite von Wirbelsäule 2 beschriebene Flächendifferenz bei C_5/C_6 und das umgekehrte Verhältnis im 7. Intervertebralgelenk ist auch hier zu finden. Im Thorakalbereich sind die Gelenkflächengrößen schwankend, wobei die Differenz der artikulierenden Flächen wechselseitig ist. Im Lendenwirbelsäulenbereich nimmt die Größe der Gelenkflächen erneut zu bis zu einem "Gipfel" bei L_5 . Die obere Gelenkfläche ist in diesem Wirbel-

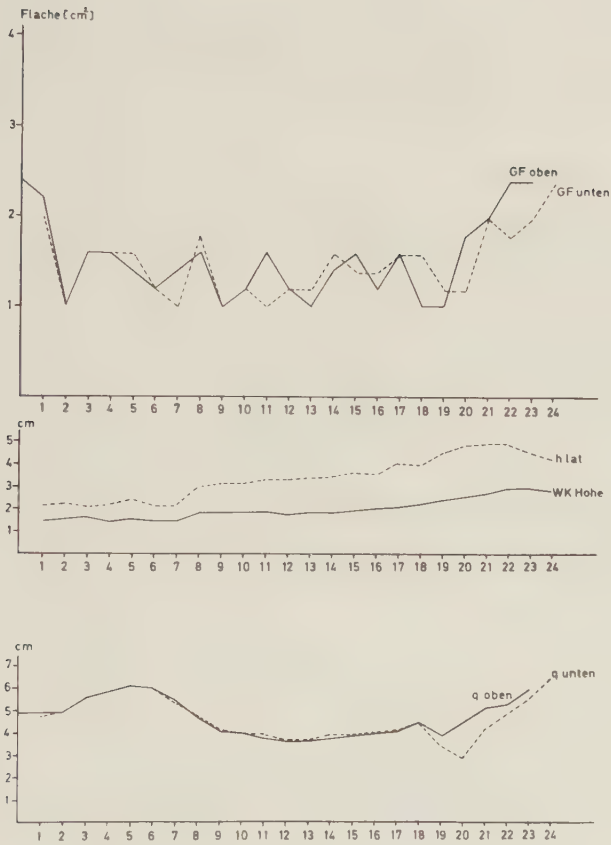


Abb. 3 a : 56 Jahre männlich, linke Seite



Abb. 3 b: 56 Jahre männlich, rechte Seite

säulenabschnitt größer als die untere bei annähernd gleicher Flächendifferenz. Lediglich bei L_2/L_3 sind die korrespondierenden Flächengrößen gleich. Die rechte Seite zeigt einen annähernd gleichen Kurvenverlauf.

4. Wirbelsäule: 57 Jahre, weiblich. (Abb. 4 a,b)

Nach einer Abnahme der Gelenkflächengröße bis zu einem Minimum bei C_3/C_4 , auf der linken Seite einem deutlichen Anstieg bei C_4/C_5 , zeigt die Kurve einen plateau-artigen Verlauf bei konstanten oberen Flächengrößen bis Th_1 . Auch hier ist eine deutliche Flächendifferenz im Halsbereich erkennbar mit einem Maximum bei C_6 , wobei, wie aus der Kurve ersichtlich ist, die untere Gelenkfläche wesentlich größer ist als die obere des nächst tiefergelegenen Wirbels. Das gleiche Verhältnis finden wir bei Th_1/Th_2 , während die obere Gelenkfläche von Th_1 deutlich größer ist als die untere von C_7 . Nach einer weiteren Abnahme der oberen Gelenkflächengröße verläuft die Kurve im mittleren Thoraxbereich erneut konstant plateau-förmig bis zum 6. thorakalen Intervertebralgelenk. Ab hier kommt es zu einem Anstieg der Flächenwerte bis Th_9 ; nun erfolgt eine Abnahme und von Th_{11} an ein erneuter kontinuierlicher leichter Anstieg bis L_5 . Die Kurve der unteren Gelenkflächengrößen verläuft annähernd parallel, wobei im unteren Thoraxbereich die untere Gelenkfläche größer ist als die obere, während im gesamten Lendenbereich das Verhältnis umgekehrt ist. Beim Vergleich der rechten Seite ist im Halsbereich ebenfalls eine Flächendifferenz erkennbar, jedoch hier mit einem Maximum im 3. Intervertebralgelenk. Im gesamten Brustwirbelsäulenbereich differieren die Meßwerte der Flächengrößen kaum. Im Lendenwirbelsäulenbereich steigt die Kurve steil an. Abweichend von den vorhergehenden Beschreibungen ist hier die untere Gelenkfläche bei L_1 , L_2 und L_4 größer als die korrespondierende obere.

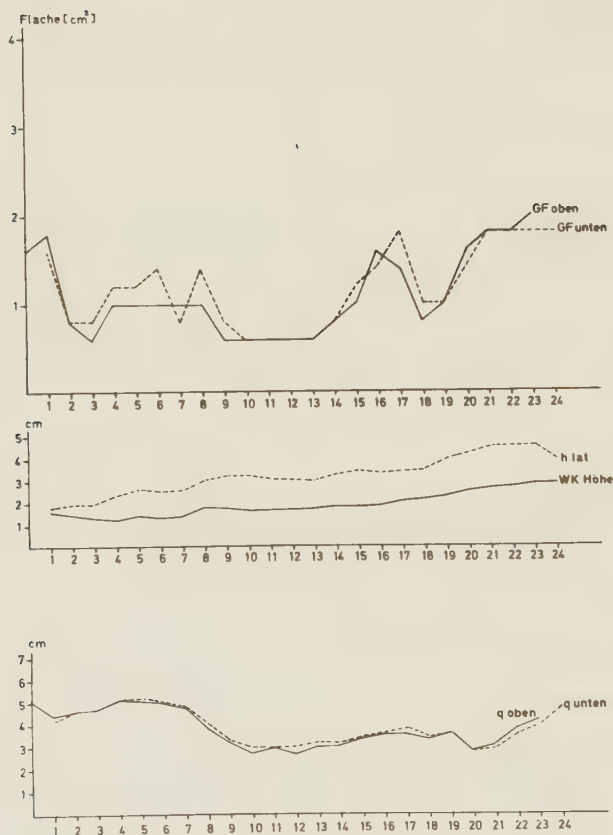


Abb. 4 a : 57 Jahre weiblich, linke Seite

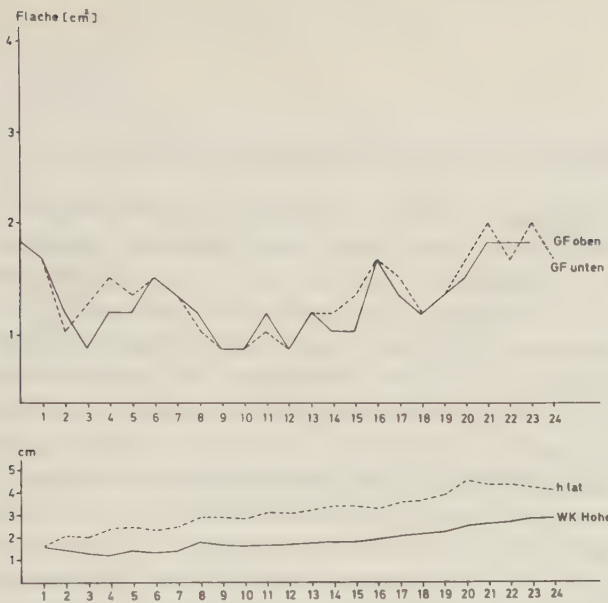


Abb. 4 b : 57 Jahre weiblich, rechte Seite

5. Wirbelsäule: 56 Jahre, männlich. (Abb. 5 a,b)

Im Gegensatz zu den untersuchten Wirbelsäulen 1 bis 4 fällt hier eine deutliche Flächengrößendifferenz im 2. Intervertebralgelenk auf. Die oben mehrmals beschriebene Differenz wird auch hier ersichtlich. Im oberen Thoraxbereich sind die artikulierenden Gelenkflächen annähernd gleich, während in der unteren Brustwirbelsäule die Flächendifferenzen wechseln, die Kurve aber in diesem Bereich einen parallelen Verlauf vermittelt. Die Gelenkflächen der Lendenwirbelsäule nehmen, wie zu erwarten, auch hier stetig an Größe zu, wobei die obere Fläche des tiefergelegenen Wirbels erheblich größer ist als die untere des nächst höheren. Der Vergleich der Kurven der rechten mit der linken Seite zeigt im Thorax- und Lendenwirbelsäulenbereich prinzipiell das gleiche Bild. Bei der HWS ist die auf der linken Seite beschriebene Flächendifferenz zusätzlich noch bei C_6 vorhanden, bei C_7 , Th_1 finden wir eine Flächendifferenz im umgekehrten Sinne, während auf der linken Seite die artikulierenden Gelenkflächen gleich sind. Auffallend ist jedoch hier eine erhebliche Zunahme der Flächen bei Th_4/Th_5 , während im korrespondierenden linken Intervertebralgelenk an dieser Stelle der kleinste Gelenkflächenwert gemessen wurde.

6. Wirbelsäule: 58 Jahre, männlich. (Abb. 6 a,b)

Nach einem Höchstwert im 1. Intervertebralgelenk nimmt die Größe der Gelenkflächen zunächst ab, um bei C_4 gering anzusteigen. Nach einem erneuten Abfall bei C_6 steigt die Kurve an und erreicht links im Thorakalbereich ihr Maximum bei Th_1/Th_2 . Im Halsbereich verlaufen die Kurven der oberen und unteren Gelenkflächen annähernd parallel, ausser bei C_5 , wo auch hier die oben wiederholt beschriebene Differenz der artikulierenden Flächen nachzuweisen ist. Eine gegensinnige Flächendifferenz ist links bei Th_1/Th_2 , rechts bei C_7/Th_1 zu

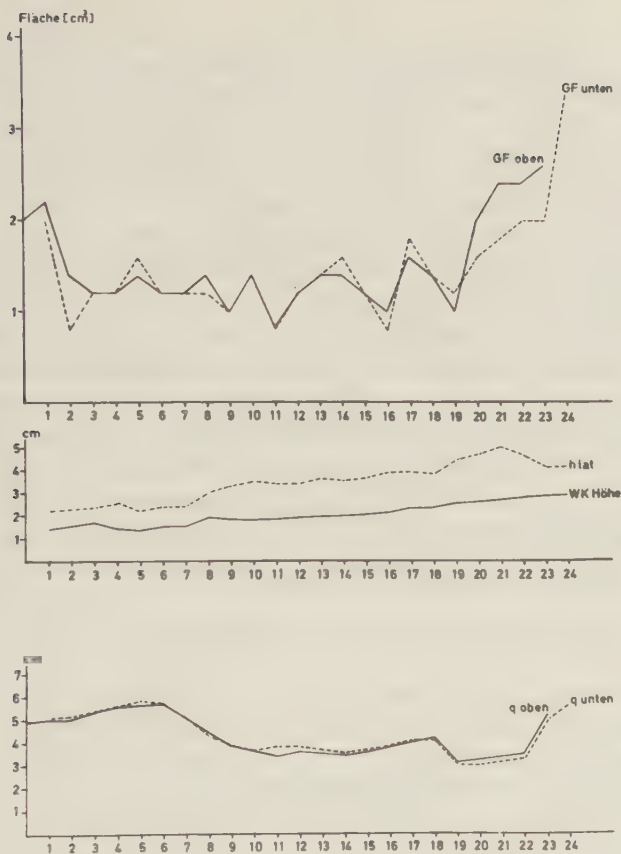


Abb. 5 a : 56 Jahre männlich, linke Seite

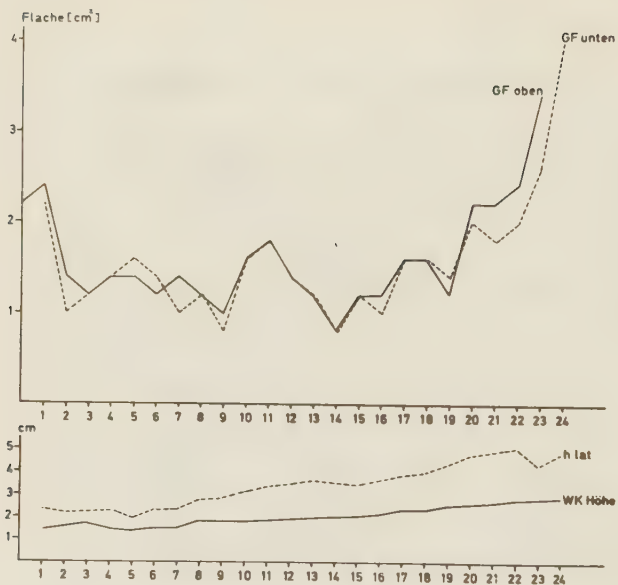


Abb. 5 b : 56 Jahre männlich, rechte Seite

erkennen. Im weiteren Verlauf steigt die Kurve der oberen Gelenkflächen auf der linken Seite von Th_3 bis Th_6 kontinuierlich an. Im Bereich der Lendenwirbelsäule steigt die Kurve stark an bis zu einem Maximalwert bei L_1/L_2 und fällt dann bis L_5 kontinuierlich ab. Die Kurve der unteren Gelenkflächen verläuft im Thoraxbereich annähernd parallel. Vergleicht man die Kurven der rechten mit denen der linken Seite, erkennt man im Thoraxbereich ein Plateau, bedingt durch gleich große Flächenwerte des 11. und 12. Intervertebralgelenkes. Im unteren Thoraxbereich verlaufen beide Kurven zunächst muldenförmig, steigen nach einer Abnahme der Gelenkflächengröße bei Th_{11}/Th_{12} im oberen Lendenbereich steil an bis zu einem Maximum bei L_2/L_3 , um dann wieder abzufallen. Im Lendenwirbelbereich ist auch eine Differenz der korrespondierenden Gelenkflächen zu erkennen.

7. Wirbelsäule: 60 Jahre, männlich (Tbb. 7 a,b)

Hier konnte der 1. Halswirbel nicht in die Untersuchung mit einbezogen werden, da er beim Freilegen der Wirbelsäule zerstört worden war. Auch hier wird sowohl links als rechts eine Flächengrößendifferenz bei C_5/C_6 und bei C_7/Th_1 deutlich. Auffallend ist die Größe der oberen Gelenkfläche von Th_1 auf beiden Seiten. Im gesamten Thoraxbereich ist ein muldenförmiger Kurvenverlauf zu erkennen. Im Lendenwirbelbereich finden wir auch hier die oben bereits mehrfach beschriebenen Differenzen der korrespondierenden Flächengrößen.

Die 8. Wirbelsäule (59 Jahre, männlich), die 9. Wirbelsäule (55 Jahre, männlich) und die 10. Wirbelsäule (52 Jahre, männlich) zeigen hinsichtlich des Kurvenverlaufes der Gelenkflächengrößen die gleiche Tendenz wie die oben beschriebenen, so daß auf eine ausführliche Erörterung verzichtet werden kann.

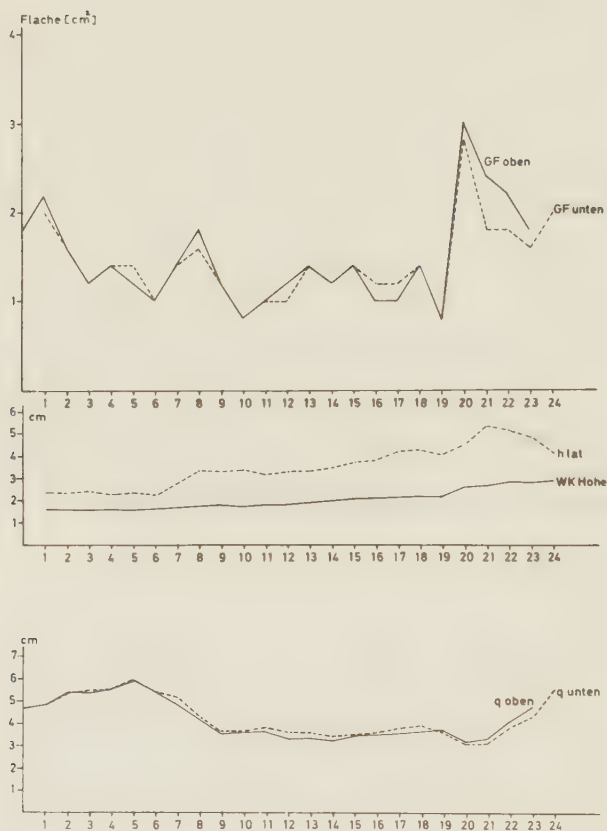


Abb. 6 a : 58 Jahre männlich, linke Seite

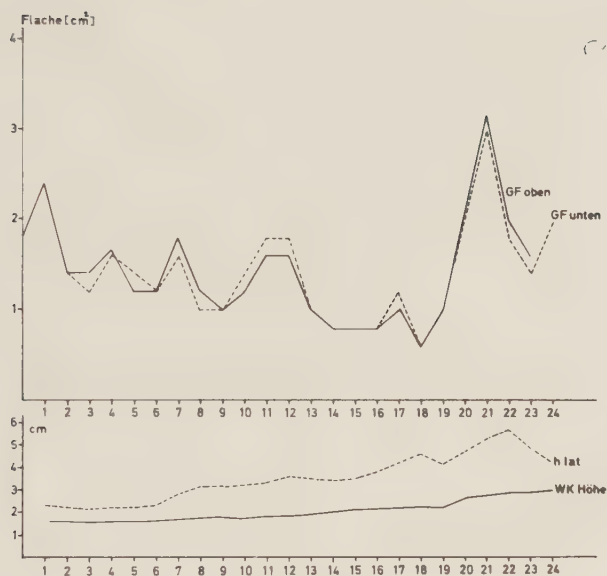


Abb. 6 b : 58 Jahre männlich, rechte Seite

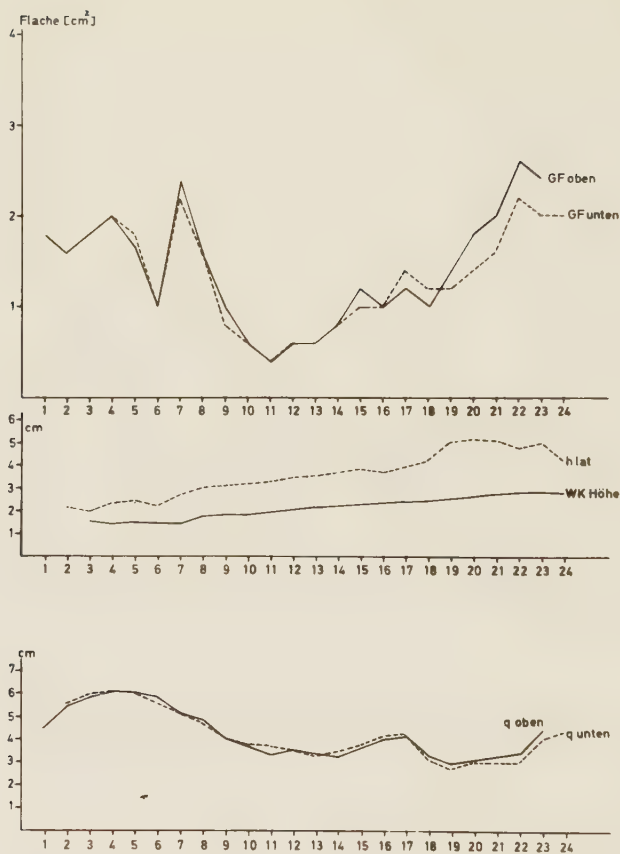


Abb. 7 a : 60 Jahre männlich, linke Seite

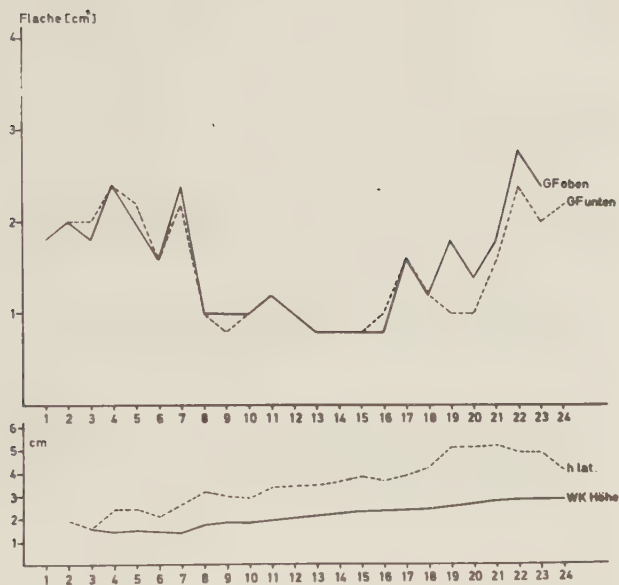


Abb. 7 b : 60 Jahre männlich, rechte Seite

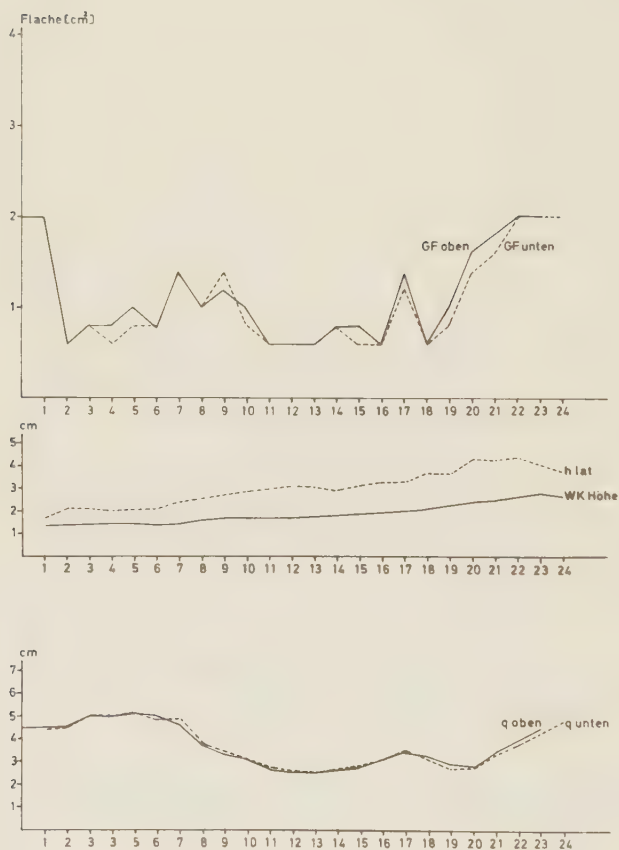


Abb. 8 a: 59 Jahre männlich, linke Seite

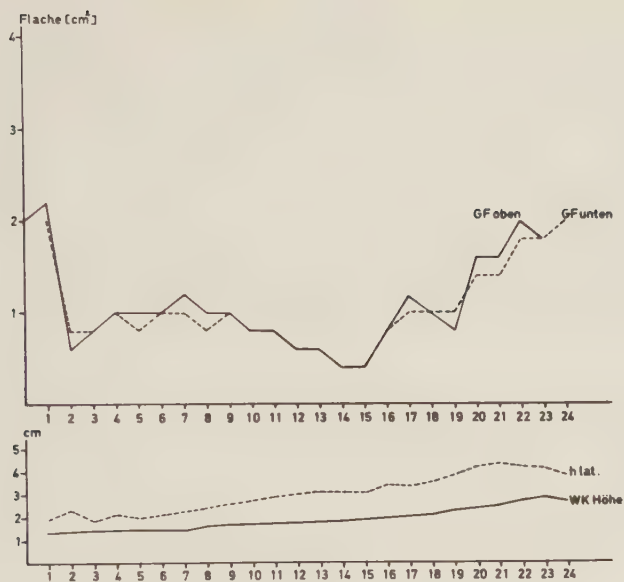


Abb. 8 b : 59 Jahre männlich, rechte Seite

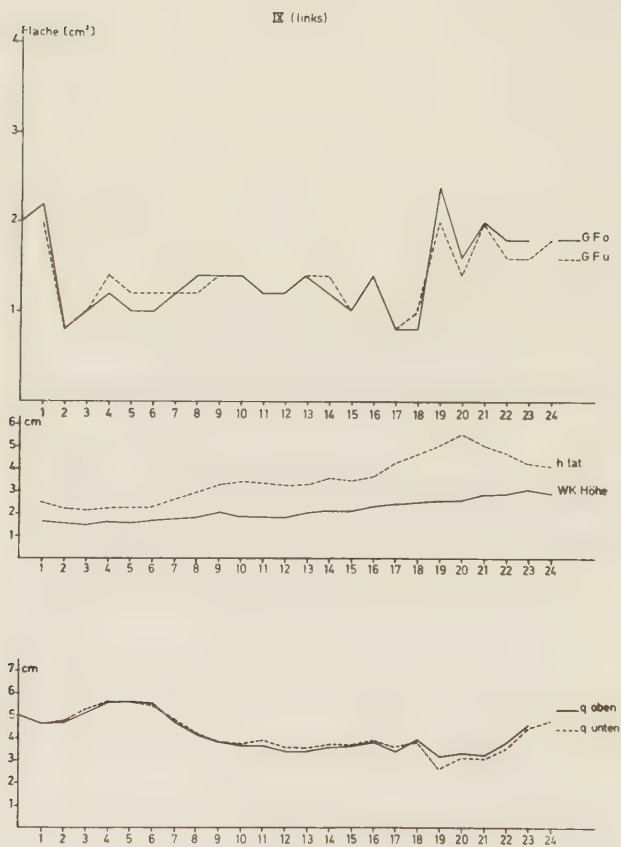


Abb. 9 a : 55 Jahre männlich, linke Seite

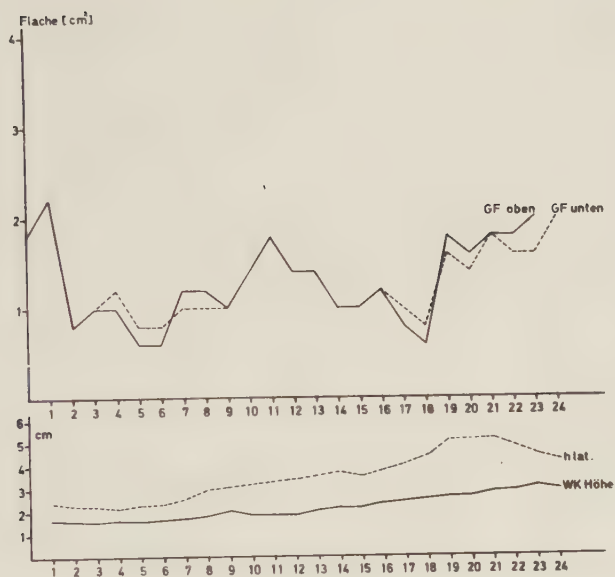


Abb. 9 b : 55 Jahre männlich, rechte Seite

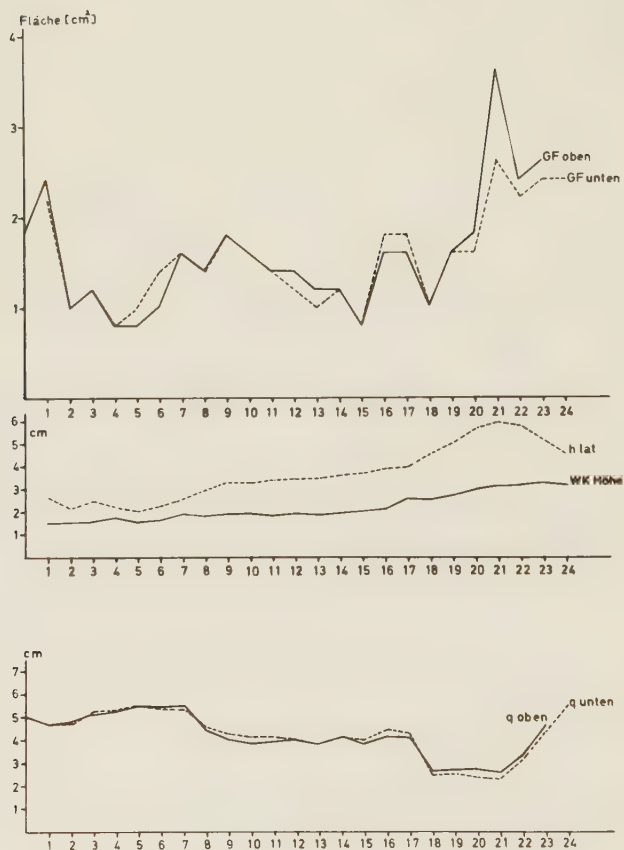


Abb. 10 a : 52 Jahre männlich, linke Seite

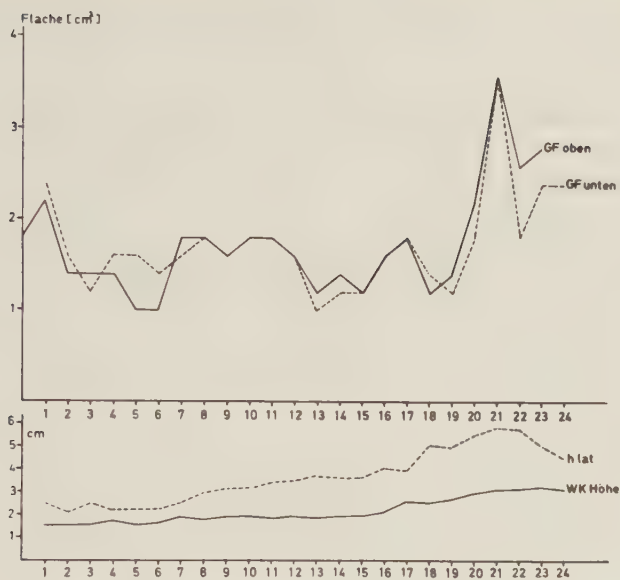


Abb. 10 b : 52 Jahre männlich, rechte Seite

Im Anschluß an die Untersuchungen wurden von den gefundenen Meßwerten die Mittelwerte errechnet und in einem Diagramm dargestellt. Hierbei wird, wie auch in den Einzelkurven deutlich, daß am Übergang zwischen Hals- und Brustregion die Gelenkflächengröße deutlich zunimmt und ein Maximum im 7. Intervertebralgelenk zeigt. Wir finden in diesem Gelenk eine Differenz der artikulierenden Gelenkflächengrößen, die auf der rechten Seite erheblich größer ist als links. Dieses Gelenk stellt einen stabilen Sockel dar, auf dem die Halswirbelsäule ruht. Im unteren Halswirbelbereich ist ebenfalls eine Inkongruenz der Gelenkflächen festzustellen mit einem Maximum auf der rechten Seite bei C_5 . Hier ist die untere Fläche von C_5 größer als die obere von C_6 . Links finden wir die gleiche Flächendifferenz bei C_5/C_6 , wobei jedoch Gelenkflächen im 5. Intervertebralgelenk deutlich größer sind als im 6. Im Thoraxbereich sind die artikulierenden Gelenkflächen annähernd kongruent, am Übergang zur Lendenwirbelsäule zeigt sich ein deutlicher Knick, der seine Ursache in der Stellungsänderung der Gelenkfortsätze hat, wobei die Gelenkflächen an Größe zunehmen. Die Lendenwirbelsäule kann somit als Sockel für die gesamte kraniale Wirbelsäule angesehen werden. Auch die erheblichen Differenzen der artikulierenden Gelenkflächen, wo stets die obere Fläche des kaudalen Wirbels weit größer ist als die untere des nächst höhergelegenen Wirbels, erhärten diese Tatsache. (Abb. 11 a, b)

Die mittleren Diagramme zeigen jeweils die Wirbelkörperhöhe in Beziehung zum vertikalen Gelenkfortsatzabstand. Bei allen untersuchten Fällen ist deutlich zu entnehmen, daß die Kurven dieser beiden Meßgrößen annähernd parallel verlaufen mit einem deutlichen Knick im 7. Intervertebralgelenk. Während im Brustwirbelsäulenbereich es zu einem stetigen kontinuierlichen Größenwachstum der Wirbelkörperhöhe und des vertikalen Gelenkfortsatzabstandes kommt, läßt dieser im 5. Lendenwirbel-

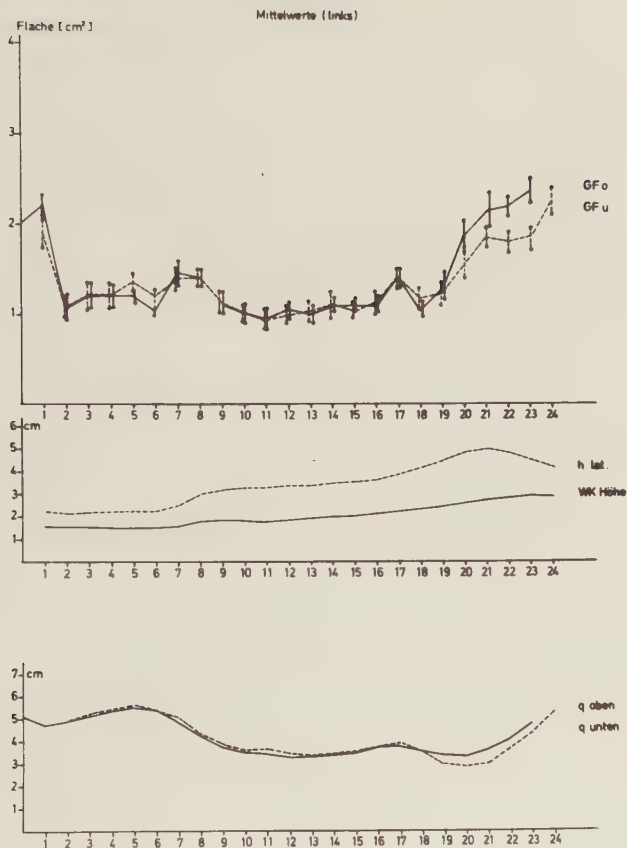


Abb. 11 a.: In diesem Diagramm sind alle Mittelwerte der 10 untersuchten Wirbelsäulen eingetragen, gleichzeitig ist im Diagramm der Gelenkflächen die Standardabweichung zu ersehen.

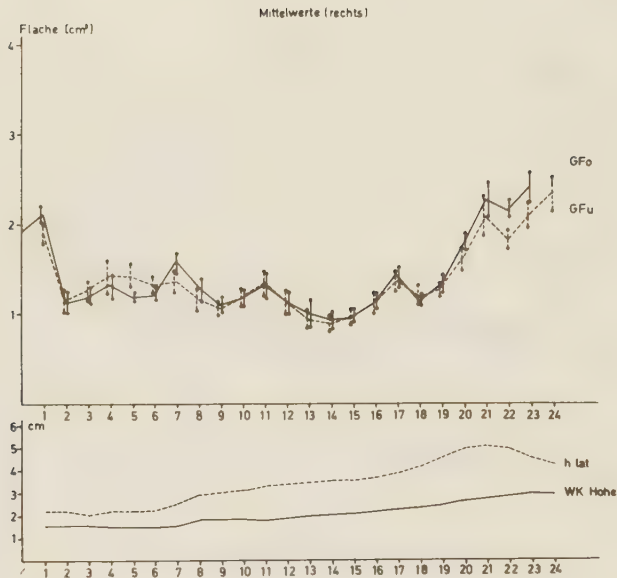


Abb. 11 b : Mittelwerte der rechten Seite

intervertebralgelenk nach, so daß die Kurven sich wieder nähern.

Das untere Diagramm bei allen Abbildungen zeigt eine synoptische Darstellung des queren oberen (durchgezogene Linie) und des queren unteren (gestrichelte Linie) Abstandes der Gelenkfortsätze. In allen untersuchten Fällen konnte ein annähernd gleicher Kurvenverlauf beobachtet werden. Im Halsbereich sahen wir beim 4. Intervertebralgelenk einen "Gipfel" im Kurvenverlauf, im 7. Intervertebralgelenk den deutlichen Knick zu einem plateauförmigen gleichmäßigen Verlauf beider Kurven bis zum 12. Thorakalintervertebralgelenk. Hier kommt es zu einem Anstieg der Kurven und einem deutlichen Auseinanderweichen der Meßgrößen. Das Kurvenbild der Gelenkflächengröße kann mit dem Bild des queren Gelenkfortsatzabstandes verglichen werden. In beiden Fällen ist eine deutliche regionale Gliederung ersichtlich, mit einem konstanten Anstieg im Lendenwirbelsäulenbereich. Kommt es bei der entsprechenden Wirbelsäule zu einer enormen Vergrößerung der Gelenkfläche in diesem Bereich, so ist dies in der Abstandsmessung der Gelenkfortsätze wieder zu ersehen.

IV. Diskussion

Bei der morphometrischen Bestimmung der Intervertebralgelenkflächen von 8 männlichen und 2 weiblichen nicht mazerierten Wirbelsäulen im Alter zwischen 50 und 60 Jahren ergaben sich charakteristische Diagramme, aus denen deutlich die Einteilung der Wirbelsäule in drei Regionen ersichtlich ist. Im 7. Intervertebralgelenk kommt es zu einer deutlichen Größenzunahme der Gelenkfläche, wobei rechts die Fläche des oberen Gelenkfortsatzes von Th_1 deutlich größer ist als die untere von C_7 . Diese Tatsache kann so gedeutet werden, daß die Gelenkflächen des 1. Brustwirbels als Sockel dienen, von dem die bewegliche Halswirbelsäule getragen wird. Die kontinuierliche Größenzunahme der Gelenkfläche im Lendenwirbelbereich ist ebenfalls ein Hinweis auf die höhere Belastung dieses Wirbelsäulenabschnittes, der eine Trägerfunktion für die gesamte übrige Wirbelsäule darstellt. Die queren Abstände der Gelenkfortsätze nehmen, wie aus den Diagrammen ersichtlich, ebenfalls an Größe zu. Bei den Gelenkfortsätzen im Hals- und Brustbereich sind die oberen und unteren queren Abstände eines Wirbels annähernd gleich, insgesamt jedoch im Thorakalbereich kleiner. Im Lendenbereich divergieren beide Abstände bei stetiger Größenzunahme. Wirbelkörperhöhe und lateraler Abstand der Gelenkfortsätze nehmen ebenfalls an Größe von kranial nach kaudal stetig zu entsprechend einer Belastungszunahme der Wirbelsäule in dieser Richtung. Der Zusammenhang zwischen Gelenkflächengröße, Wirbelkörperhöhe, lateralem und querm Gelenkfortsatzabstand bei Erwachsenen konnte bereits von STOFFT und MÜLLER (1970) und von STOFFT (1971) nachgewiesen werden, ebenso wie die morphometrische Einteilung der Wirbelsäule in drei Regionen, die der morphologischen Einteilung entspricht. STOFFT und MÜLLER untersuchten 1970 fünf männliche mazerierte Wirbelsäulen im Alter von 18, 29, 44, 50 und 62 Jahren, sowie zwei weibliche Wirbelsäulen von 19 und 62 Jahren.

Sie fanden in allen Fällen eine Größenzunahme der artikulierenden Gelenkflächen des 7. Intervertebralgelenks, wobei rechts die obere Gelenkfläche von Th_1 deutlich größer war als die untere von C_7 , sowie eine weitere Größenzunahme der Gelenkflächen im Lendenwirbelbereich mit einem Maximum bei S_1 . Ein Zusammenhang zwischen den Parametern Wirbelkörperhöhe, quere Gelenkfortsatzabstand und Gelenkflächengröße wurde vermutet und 1971 von STOFFT statistisch gesichert, während bei 4 untersuchten Wirbelsäulen von Kindern im Alter zwischen 6 und 16 Jahren dieser Zusammenhang sowie die Größenzunahme der Gelenkflächen im 7. Intervertebralgelenk nicht nachgewiesen werden konnten. Dies wurde dadurch erklärt, daß die kindliche Wirbelsäule noch nicht ausdifferenziert ist und sich erst später an die statische und funktionelle Belastung anpasst.

GIERKE untersuchte 1971 die Wirbelsäulen von 5 Hunden gleicher Rasse (*Canis familiaris*) und bestimmte morphometrisch die Intervertebralgelenkflächen. Dabei konnte er morphologisch signifikante Übergangsstellen bei C_6/C_7 und Th_9/Th_{10} in allen Fällen nachweisen; die klassisch deskriptive Einteilung der Wirbelsäule in drei Regionen entsprach jedoch nicht dem Diagramm der morphometrisch ermittelten Werte.

Die Abweichung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse beim erwachsenen Menschen von denen beim Hund ist dadurch erklärbar, daß die Wirbelsäule der Vierbeiner anderen statischen und funktionellen Verhältnissen unterliegt als die des Menschen. Bei den von STOFFT und MÜLLER (1970), STOFFT (1971) untersuchten mazerierten Wirbelsäulen von Erwachsenen fand sich im Bereich der Halswirbelsäule eine maximale Differenz der Gelenkflächengrößen bei C_5/C_6 , wobei die untere Gelenkfläche von C_5 deutlich größer als die obere von C_6 ist. Diese Größendifferenz wurde durch die vorliegende Untersuchung

an nicht mazerierten Wirbelsäulen ebenfalls nachgewiesen. Aus dem Diagramm der Mittelwerte ist ersichtlich, daß auf der linken Seite im 5. und 6. Intervertebralgelenk die Flächengrößendifferenz gleich ist. Diese Differenz kann als Ausdruck der größten Beweglichkeit der Wirbelsäule in diesem Bereich gewertet werden. Unterstützt werden unsere Befunde durch die klinische Literatur. So wies bereits BAKKE 1951 an 44 männlichen und weiblichen Personen die größte Beweglichkeit der Wirbelsäule im 5. Intervertebralgelenk nach. Seine Ergebnisse wurden 1954 durch BUETTI-BÄUML erhärtet, der die Bewegungsausmaße bei maximaler Ante- und Retroflexion des Kopfes bestimmte. Die Untersuchungen finden ihre Parallelen in den Ergebnissen von AUFDERMAUER, der 1960 durch pathologisch anatomische Forschungen nachgewiesen hat, daß die Spondylosis deformans am stärksten in den Segmenthöhen $C_5/C_6/C_7$ auftritt und nach kranial kontinuierlich seltener wird. Wie bereits erwähnt, führten BAKKE 1951 und BUETTI-BÄUML 1954 die Beweglichkeitsprüfungen der Wirbelsäule an lebenden Personen durch, während ANDERSON und EKSTRÖM 1940 die Untersuchungen an Leichenwirbelsäulen vornahmen. Sie maßen dabei jeweils die Beweglichkeit zweier benachbarter Wirbel, wobei sie den unteren Wirbelkörper fixierten. Die Untersuchungsergebnisse dieser Autoren müssen von den an lebenden Personen gefundenen Meßwerten abweichen, da die Untersuchungstechnik und das untersuchte Material nicht vergleichbar sind. Bei Versuchen an der Leichenwirbelsäule wird immer nur die passive Dehnungsbewegung gemessen, wobei die übrigen Bewegungsfaktoren wie Weichteile, Muskeltonus, Elastizität der Bänder und Zwischenwirbelscheiben unberücksichtigt bleiben. Damit können diese Meßergebnisse nicht ohne weiteres auf lebende Personen und auf die aktive Wirbelsäulenbeweglichkeitsmessung übertragen werden. DREXLER (1962) untersuchte die Krümmung der Halswirbelsäule und wertete je 10 Röntgenaufnahmen von 4 Altersgruppen aus, Jugendliche zwischen 8 und 19

Jahren, jugendliche Erwachsene zwischen 20 und 30 Jahren, Erwachsene zwischen 31 und 50, sowie Personen über 51 Jahren. Er fand den flachsten Neigungswinkel der Halslordose bei allen Altersgruppen im 5. Intervertebralgelenk. Dies würde auch die Untersuchungsergebnisse von REHN (1960) erklären, der ein Kollektiv von über 2000 Personen erfasste, vorwiegend Männer im Durchschnittsalter von 35 Jahren, die Wirbelsäulenverletzung infolge eines Arbeitsunfalles im Bergbau erlitten hatten. Durch seine Untersuchungen konnte ein gehäuftes Auftreten von Wirbelkörperbrüchen beim 5./6. Halswirbel aufgezeigt werden. Auch die Analysen von Unfällen durch SCHLEGEL (1967), der beim Anteflexions-contre-coup der Schleuderverletzung der Wirbelsäule eine "Soll-Bruchstelle" in Höhe des Bewegungssegmentes C₅/C₆ findet, kann durch die große Mobilität der Wirbelsäule in diesem Bereich erklärt werden.

Eine statistische Untersuchung ließ sich wegen der geringen Fallzahl und der Inhomogenität des Untersuchungsgutes nicht durchführen.

V. Zusammenfassung

Die Intervertebralgelenkflächengröße von 8 männlichen und 2 weiblichen Wirbelsäulen im Alter zwischen 50 und 60 Jahren wurden mittels einer Aluminiumabdruckmethode morphometrisch bestimmt. Weiterhin wurde der obere und untere quere Abstand sowie der laterale Abstand der Gelenkfortsätze und die Wirbelkörperhöhe gemessen. Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die morphologische Einteilung der Wirbelsäule in drei Regionen konnte auch morphometrisch bestätigt werden. Es fand sich am Übergang von Hals- und Brustregion sowie von Brust- und Lendenregion eine deutliche Größenzunahme der Gelenkflächen.
2. Bei C_5/C_6 wurde die größte Flächendifferenz der artikulierenden Gelenkflächen gefunden, die als Ausdruck der größten Beweglichkeit in diesem Gelenk gedeutet wurde. (Abb. 12 a,b)
3. Es konnte eine Beziehung aufgezeigt werden zwischen Wirbelkörperhöhe, lateralem und queren Gelenkfortsatzabstand und Größe der Gelenkfläche.

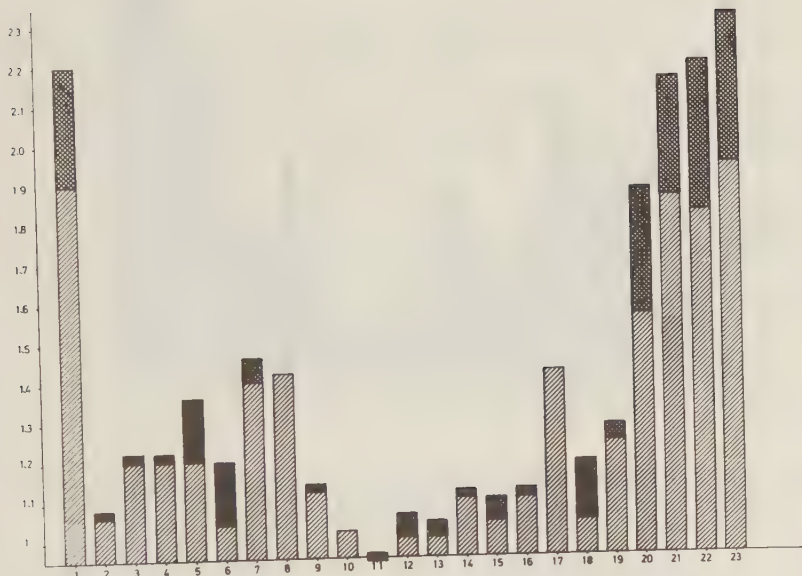


Abb. 12 a : Flächendifferenzdiagramm der Mittelwerte der linken Seite
 Deutlich ist im Bereich des 5. Intervertebralgelenkes die große Flächendifferenz zu erkennen (schwarz). Die untere Gelenkfläche von C 5 ist viel größer als die obere von C 6.

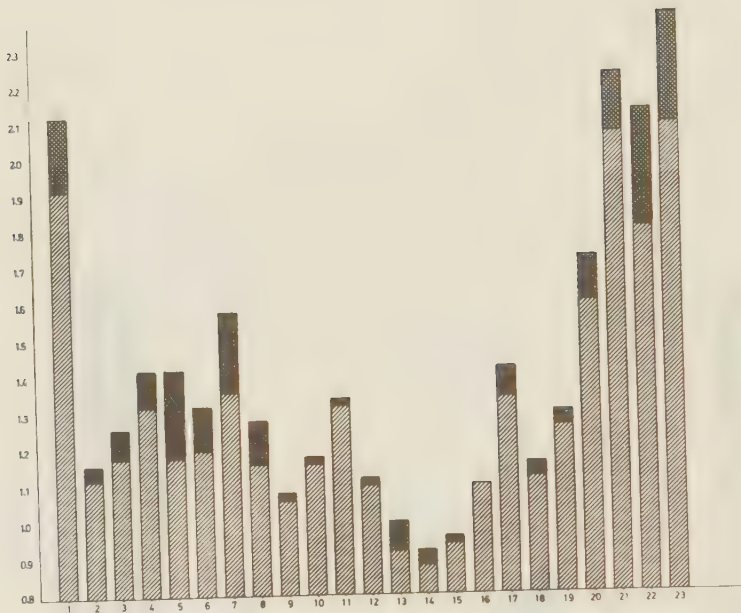


Abb. 12 b : Flächendifferenzdiagramm der Mittelwerte
der rechten Seite

Die jeweiligen oberen Gelenkflächen der Lenden=
wirbel sind immer größer als die von ihnen
"getragenen" unteren der höher gelegenen Wirbel
(Sockelbildung = doppelt-schraffierte Fläche)

VI. Literaturverzeichnis

- ANDERSON, N. und T. EKSTRÖM: Über die Beweglichkeit der Wirbelsäule. Morph. Jb. 85, 135-185 (1940)
- AUFDERMAUER, M.: Die Spondylosis cervicalis. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 17, 1960
- BAKKE, S.N.: Röntgenologische Untersuchungen über die Beweglichkeit der Wirbelsäule. Acta radiol. Suppl. 13 (1931)
- BUETTI-BÄUML, C.: Funktionelle Diagnostik der Halswirbelsäule, Thieme, Stuttgart 1954
- DREXLER, L.: Röntgenanatomische Untersuchungen über Form und Krümmung der Halswirbelsäule in den verschiedenen Lebensaltern. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Bd. 23, 1962
- FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. I. Teil: Anatomie der Gelenke. III. Teil: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. Fischer, Jena 1911.
- GIERKE: Die Gelenkflächengrößen der Articulationes intervertebrales beim Hund. Inauguraldissertation, Mainz 1973
- LIPPERT, H.: Anatomie der Wirbelsäule unter Aspekten von Entwicklung und Funktion. Med. Klinik 61, Jhrg. 2, 41-46 (1966)
- REHN, J.: Die knöchernen Verletzungen der Wirbelsäule (Bedeutung des Erstbefundes für die spätere Begutachtung). Wirbelsäule in Forschung und Praxis 40, 131-138 (1968)
- SCHLEGEL, K.F.: Die Abgrenzung des nicht-traumatischen Vorschadens an der Wirbelsäule gegenüber den Verletzungsfolgen. Wirbelsäule in Forschung und Praxis 40, 111-117 (1968)
- STOFFT, E.: Die menschliche Halswirbelsäule. (Eine Analyse der Bandstrukturen und der Intervertebralgelenkflächen). Manuelle Medizin, Heft 6, 133-139 (1970)
- STOFFT, E. und G. MÜLLER: Eine vergleichende Analyse der Intervertebralgelenkflächen. Anat. Anz. 128 (Ergh.) 555-565 (1971)
- STOFFT, E.: Flächengrößen der Intervertebralgelenke bei Mensch und Tier. Anat. Anz. 130 (Ergh.) 489-497 (1972)

STOFFT, E.: Zur Morphologie der unteren Wirbelsäulen-
region. Physikalische Medizin und Rehabilitation
12. Jhrg., Heft 4, 69 -73 (1971)

VON TORKLUS, D.W.GEHLE: Die obere Halswirbelsäule.
Thieme, Stuttgart 1968

Danksagung

Herrn Prof. Dr. A. Mayet, Direktor des Anatomischen Institutes, danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes im Anatomischen Institut.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. Stofft für die Überlassung des Themas und die vielfältigen Anregungen und Beratungen in methodischen Fragen.

Lebenslauf

Am 11. April 1941 wurde ich als Sohn des Betriebsangestellten Rudolf Rödler und seiner Ehefrau Maria, geb. Becker, geboren. Ich besuchte 4 1/2 Jahre die Volksschule in Hettenleidelheim/Pfalz, anschließend sechs Jahre das Progymnasium in Grünstadt. Nach dreijährigem Besuch des Neusprachlichen Gymnasiums in Frankenthal legte ich im Januar 1961 die Reifeprüfung ab. Von 1962 bis 1968 studierte ich in Mainz Medizin, wo ich im Januar 1968 die Ärztliche Prüfung mit Erfolg ablegte. Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich vom 1.2. - 31.7.1968 in der I. Medizinischen Klinik, vom 1.9.1968 - 31.12.1968 in der Chirurgischen Klinik, vom 1.1.1969 - 30.4.1969 in der Frauenklinik und vom 1.5.1969 - 31.8.1969 im Anaesthesiologischen Institut der Universitätskliniken Mainz ab. Vom 1.9.1969 - 30.6.1971 war ich in der Chirurgischen Abteilung des St. Josefs-Hospitals vier Monate als Medizinalassistent und, nachdem ich meine Approbation als Arzt am 1.1.1970 erhalten hatte, als Assistenzarzt tätig.

Am 1.7.1971 begann ich mit meiner Fachausbildung als Urologe in der Urologischen Abteilung der Städtischen Kliniken Wiesbaden, wo ich mich zur Zeit im 3. Ausbildungsjahr befinde.

Seit 1971 bin ich mit der Realschullehrerin Elke Rödler verheiratet.

